

「土木建築にかかる設計の基本」1次案

土木建築にかかる設計の基本検討委員会

建設省

はじめに

ISO（国際標準化機構）において策定される国際規格については、WTO（世界貿易機関）の政府調達協定により政府機関においてはその遵守が求められている。

ISO 規格はその内容が非常に多岐にわたっており、建設に係わる分野においても、例えば、設計・施工に係わる規格策定も進められている。

さらに、欧州においては、EU 統合後を見据えて、EU 域内の統一規格としての設計・施工に係わる規格が CEN（欧州標準化委員会）で策定されてきており、その欧州規格が ISO 規格案として提案される可能性が高い状況にあるといえる。

これらの規格においては、土木・建築といった分野の違い、鋼・コンクリートといった構造種別の違いに関係なく、共通する事項は共通的に扱い、分野および構造種別に依存する部分はそれぞれの中で規定していくといった基本的方向性が見られる。

一方、我が国における設計に係わる技術標準の状況を見ると、土木構造物・建築構造物あるいは鋼構造物・コンクリート構造物・基礎構造物といった、各構造物の特性に特化した技術標準を発達させてきている。

こうした背景にあって、我が国の技術標準の国際性の担保および我が国で蓄積された技術による国際貢献（我が国の技術の国際規格化）を目途として、分野・構造種別を超えた「設計に係る基本」をとりまとめるために、土木・建築の各分野の学識者等から成る委員会および幹事会を平成 10 年 12 月に設立した。委員会および幹事会では、土木・建築の自らの分野にとらわれずに、構造物の種類・形態によらない設計の基本に係わる事項を規定している ISO2394 に相当する技術標準を意識して「土木・建築にかかる設計の基本」に関する議論を進めてきた。これらの議論を踏まえ、本案は、関連分野の方々のご意見をお聞きするために整理したものである。今後は、関連分野からのご意見を基により充実を図る予定である。

ここでとりまとめられる内容は、技術の国際的な標準化への対応を意識したものであることは上述の通りであるが、さらに、我が国の設計に係る技術標準の将来的な改訂に際して、様々な分野の枠組みを超えた議論が今後も継続的になされ、国際性を有した技術標準を策定する一助となれば幸いである。

共同委員長　：長瀧　重義
岡田　恒男

委員会における議論の経緯等

先にも述べたように、国際的な設計に係わる技術標準の制定動向として、構造物全般に係わる共通事項は、共通的な技術標準を定め、構造物の特性等に依存するものについては構造種別ごとに技術標準を定めるといったことがみられる。

その典型的な例が、CEN（欧州標準化委員会）で策定が進められているユーロ・コードであり、同コードでは共通的なものをコード 0,1,8 で定めている。

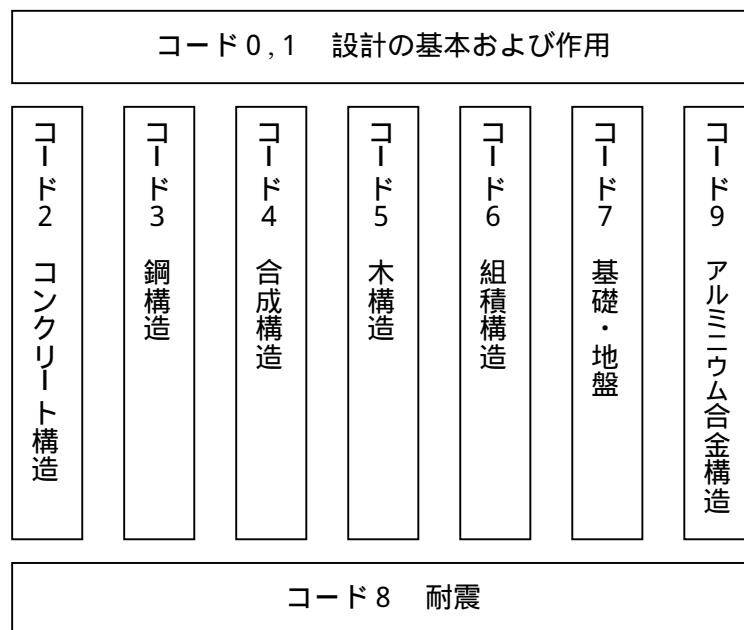


図 ユーロコードの全体体系

ユーロコードの 0 は ISO2394 構造物の信頼性に関する一般原則に相当するものであるといえる。

これらの技術標準に相当する我が国の「設計にかかる基本」について委員会・幹事会を設置し議論を進めた。議論は、以下の事項を「根幹的事項」として定め、土木・建築といった分野の違い、鋼・コンクリートといった構造種別の違いに関係なく共通する事項を扱うこととした。

根幹的事項	概要
基本的要求性能	設計に際しての基本的な要求性能をどのように設定するか。
限界状態	どのような限界状態を設定するか。
作用（荷重）	基本的な作用（荷重）の取り扱いをどのように規定するか
部分係数法等の照査法	部分係数法等の照査方法に関する基本的な考え方をどのように設定するか
耐震	国際的なレベルでの耐震設計に関する基本的な考え方をどのように設定するか。

目 次

1.総則	
1.1 適用	1
1.2 設計の基本（設計の基本的要求性能）	1
2.限界状態	
2.1 全般	3
2.2 終局限界状態	8
2.3 使用限界状態	9
2.4 修復限界状態	9
3 作用	
3.1 定義	1 2
3.2 作用の分類	1 3
3.3 各作用の扱い	1 3
3.4 荷重の組み合わせ	1 4
4 耐震	
4.1 耐震性能	1 7
4.2 地震動レベルの明示方法	2 1
5 限界状態の照査法	2 2

1.総則

1.1 適用

このガイドラインは、構造物全般を対象として、構造設計に係わる技術標準の策定・改訂の基本的方向を示すものとする。なお、このガイドラインでは、構造物の安全性等の基本的要求性能に影響を及ぼす要因を明示的に扱うことを基本とし、信頼性設計の考え方を基礎とする。

このガイドラインは、国際標準に整合した各種の技術基準類作成に当たっての参考として作成するものである。また、1次案はガイドライン作成に向けて関係者の意見聴取のための案として作成したものである。

この「土木・建築にかかる設計の基本（1次案）」は、分野として、土木分野および建築分野の両分野において設計される構造物全般を対象としている。

ここでいう構造物とは、「目的とする機能を持ち、作用に対して抵抗することを意図として人為的に構築されるもの。」を考えている。

なお、構造物の設計は、いわゆる安全性、使用性といった事項以外に、景観、自然環境に与える影響、経済性等にも配慮した総合的なものであるが、ここでは、以下の設計の基本で規定した使用性、安全性等を考慮した「構造設計」に限定して考えている。構造物の基本的要求性能に影響を及ぼす要因を明示的に取り扱うことを基本としたのは、公共構造物については、意志決定等に関して透明性、説明性が求められるようになっており、構造設計における透明性、説明性の確保といった点を考慮したことによるものである。さらに、基本的要求性能への影響要因を明示的に扱う点と、国際的な設計技術標準の動向を考慮して、このガイドラインの考え方の基礎を信頼性設計に置くこととしている。

ここで示した考え方は、土木・建築の全分野を通じた全体フレームであり、各分野における技術標準においては、設計対象となる構造物特性に応じて取捨選択される事項も含まれている。

1.2 設計の基本（設計の基本的要求性能）

- (1)設計対象とする構造物の設計供用期間を定める。設計供用期間とは、設計する上で、設定した期間中において目標とする安全水準を確保する期間である。
- (2)想定した作用に対して適切に機能する（使用性）ように構造物を設計する。
- (3)想定した作用に対して構造物内外の人命の安全等を確保する（安全性）ように構造物を設計する。
- (4)必要な場合には、想定した作用に対して技術的および経済的に可能な範囲で修復を行うことで継続的な使用を可能とする（修復性）ように構造物を設計する。

従来は不明確となっている設計供用期間の設定を行うことを規定した。

(2),(3)は、使用性（使用限界状態）び安全性（終局限界状態）に対する照査を行うことの設定をしている。

安全性の概念は「人の安全」を基本とし、ここでは、人為的に建設され、通常は無人の構造物の崩壊を防止することも安全性の概念に含め、「構造物内外の人命の安全等」としている。

(4)は、地震国である我が国においては、「安全性」、「使用性」という構造物の基本的要求性能と並列して、「修復性」という基本的要求性能を設定した。

「修復性」は、想定した作用による構造物の損傷に対して、一定の期間あるいは費用等で修復することにより継続使用を可能とするようにすることを考えている。（損傷レベルのコントロール）例えば、水供給施設において地震後の機能復旧を想定した設計を行うとすると、ここでいう修復性を考えた設計に相当する。

なお、規定としては示していないが、構造物の設計に際して、局部的な破壊が構造システム全体に対して致命的な影響を及ぼすことなど、原因に対して不釣り合いに大きな被害を招くことないようにする（非脆弱性の確保）といった概念がある。この概念は、ISO2394においても基本的要求事項(fundamental requirement)で示されているものである。

2.限界状態

2.1 全般

照査する限界状態は、終局限界状態、使用限界状態、修復限界状態に区分する。ただし、設計対象としている構造物の目的等に応じて照査する限界状態を選択するものとする。

土木の技術標準では、疲労限界状態を終局限界状態、使用限界状態と並列的に扱っているが、ここでは、「限界状態が発生する作用の違い」として、疲労については終局限界状態および使用限界状態の中で扱うこととした。(次図参照)

ここで区分した全ての限界状態に対して照査を行うということではなく、各構造物の特性に応じて、照査を行う限界状態の設定を選択するものとしている。

終局限界状態（安全性）	部材の破壊や大変形等により、その安定性が損なわれず構造物内外の人命に対する安全等を確保しうる限界の状態	
	特定作用限界状態	疲労限界状態（変動作用が繰り返し作用することに伴う疲労損傷で発生）
		耐久限界状態（環境因子の影響に伴う損傷で発生）
		耐火限界状態（火災に伴う損傷で発生）
修復限界状態（修復性）	損傷後、適用可能な技術と妥当な経費および期間の範囲で修復を行えば、継続使用を可能とすることが出来る限界の状態。	
使用限界状態（使用性）	構造物の機能が確保される限界の状態	
	特定作用限界状態	疲労限界状態（変動作用が繰り返し作用することに伴う疲労損傷で発生）
		耐久限界状態（環境因子の影響に伴う損傷で発生）
		耐火限界状態（火災に伴う損傷で発生）

図 限界状態の全体

構造物の目的等に応じて照査する限界状態を選択するとしたのは、次表のように構造物によって照査する限界状態を変えることができるようにするためである。例えば、一般建築物では制震部材を除き、あまり「疲労限界」は問題とならない場合が多いのに対して、橋梁では大きな課題となる。

構造物による限界状態の選択イメージ

			一般建築物	橋梁	砂防ダム	...
終局限界状態	特定作用限界状態	疲労限界状態				
		耐久限界状態				
		耐火限界状態				
	修復限界状態					
使用限界状態	特定作用限界状態	疲労限界状態				
		耐久限界状態				
		耐火限界状態				
	修復限界状態					

：照査対象となると考えられるもの

：選択的に照査対象となると考えられるもの

* 砂防ダムにおいては、ダムの転倒・崩壊といったことが無い限りは、その設置目的である砂防機能を喪失することは無いので、終局限界状態だけを照査対象とした例示を示している。ただ、「摩耗」に伴う耐久限界状態を考慮しなければならない場合もある。

*

* 上記の砂防ダムの例のように、構造物特性に応じて、ここで挙げている限界状態を選択して照査を行うこととなる。

参考

(1) ISO 規格案における限界状態の例

ISO の TC71 / SC4 で提案された Performance Requirements for Structural Concrete の Draft では、終局限界状態 (Structural Safety)、使用限界状態、耐久限界状態 (Durability Limit States)、耐火限界状態 (Fire Resistance Limit States)、疲労 (Fatigue) が設定されている。

(2) 国内の技術標準等における限界状態の例

次頁以降に、国内の技術標準等における限界状態の設定およびその内容の例を示す。

参考資料：国内の技術標準等における限界状態の設定例（その1）

	土木学会		地盤工学会	日本建築学会	
	コンクリート標準示方書 (1996)	鋼構造物設計指針(1997)	基礎構造物の限界状態設計に 関する研究委員会資料集 (1996)	鉄筋コンクリート造建物の靱性保証 型耐震設計指針（案）・同解説(1997)	鋼構造物限界状態設計指針・同解説 (1998)
終局限界状態	構造物または部材が破壊したり、転倒、座屈、大変形等を起こし、安定や機能を失う状態	構造物または部材が破壊したり、大変形、大変位等を起こし、機能や安定を失う状態	例：杭体の断面破壊を生じる状態	極大の地震動やその他の不確定要因を考慮して人命に対する安全性を確保しうる限界状態	建築物の構造安全性に関連する限界状態であり、鋼構造物の終局耐力限界状態を考える
地震時終局限界状態			構造物の耐用期間中に一回程度発生する規模の地震に対して、上部構造および基礎の部材が断面破壊・安定の喪失・メカニズムなどに至る状態	安全性 終局限界状態 安全性(safety)は人命保護のための性能評価項目で終局限界状態に対応する。従って、倒壊しないこと、鉛直荷重が保持されることが設計目標となる。構造物の被災度でいえば、大破、P-変形限界による倒壊寸前であり、部材ではヒンジ部材の変形限界、柱の脆性破壊等が生じる限界状態である。	
設計限界状態				大地震に対して、損傷を制御するために設定する応答の限界状態 復旧(修復,補修)可能性 設計限界状態 復旧(修復,補修)可能性 (restorability, reparability)は、損傷レベルを制御するための性能評価項目であり、これに対応する限界状態を設計限界状態または損傷制御限界状態と呼ぶ。理想的には、地震後に必要となる補修費用を考慮して、すなわち、経済的に許容しうる修復が可能となるように、構造材、および非構造材の損傷レベルを定量化して設定する。実際的には「補修が必要であるが、継続使用も可能」という程度が想定される。	
使用限界状態	構造物または部材が過度のひび割れ、変形、振動等を起こし、正常な使用ができなくなったり、耐久性を損なったりする状態	構造物または部材が過度の変形、変位、振動等を起こし、正常な使用ができなくなる状態	例：杭体のひびわれが許容値を越えない状態 上部構造物に有害な変形を生じる状態	中小地震に対して、ほぼ無条件に継続使用可能とするために設定する応答の限界状態 使用性 使用限界状態 使用性(serviceability)は継続使用に支障を来さないための性能評価項目であり、これを確保するために構造物に設定される設計クライテリアが使用限界状態である。地震後にほぼ無条件に継続使用可能な程度の被災度、すなわち、無被害、あるいは軽微といわれる損傷の程度の限界である。一般の構造では応答をおおむね弾性限界内にすることが考えられるが、鉄筋コンクリート構造ではひび割れに関する検討も不可欠になる	建築物の使用性・居住性に関連する限界状態であり、鋼構造物の使用限界耐力、使用限界変形および建物の床の振動、横揺れなどについての限界状態（許容限界）を考える

' 地震時使用限界状態			構造物の耐用期間中に数回程度発生する規模の地震に対して、上部構造物および基礎の部材の損傷・変位が著しく、地震時における車両の走行安全性を確保できない状態		
疲労限界状態	構造物または部材が変動荷重の繰返し作用により疲労破壊する状態	構造物または部材が荷重の繰返し作用により疲労損傷し、機能を失う状態			
備考			限界状態を地震時とそれ以外に分けて考えることとしているが、各定義は明確に示されていない		

参考資料：国内の技術標準等における限界状態の設定例（その2）

	建設省建築研究所	運輸省鉄道局 (鉄道総合技術研究所編)		運輸省港湾局 (（社）日本港湾協会刊行)
	建設省総合技術開発プロジェクト 「新建築構造体系の開発」総合報告書(1998)	鉄道構造物等設計標準・同解説 コンクリート構造物(1992)	鉄道構造物等設計標準・同解説基礎 構造物・抗土圧構造物(1997)	「港湾の施設の技術上の基準・同解説」(1999)
終局限界状態	(1) 安全性 ・性能要求の目的：建築物の内・外の人々の生命に直接及ぼす危険を回避する。(人命の保護) ・性能評価の内容：構造骨組、建築部材、設備機器、什器、地盤について、破壊を安全性に照らして適切に防止する。	構造物または部材が破壊したり、転倒、座屈、大変形等を起こし、機能や安定を失う状態	設計耐用期間中に地震を除くごくまれに作用する荷重に対して、基礎が安定や機能を失うか、あるいは基礎の変位が降伏点を超える状態	最大荷重により破壊が生ずる状態
’ 地震時終局限界状態			設計耐用期間中に作用する大地震の影響により、基礎が壊滅的な損傷を生じ、安定や機能を失う状態	
修復限界状態	(2) 修復性 ・性能要求の目的：建築物が外部からの刺激に対して受ける損傷に対する修復のしやすさを確保する。(財産の保全) ・性能評価の内容：構造骨組、建築部材、設備機器、什器、地盤について、劣化、損傷等を建築物の修復性に照らして適切に(設定範囲に)制御する。			
使用限界状態	(3) 使用性 ・性能要求の目的：建築物の機能、居住性を確保する。(機能および居住性の確保) ・性能評価の内容：構造骨組、建築部材、設備機器、什器、地盤について、機能障害、感覚障害を使用性に照らして適切に排除する。	構造物または部材が過度のひび割れ、変形、振動等を起こし、正常な使用ができなくなったり、耐久性を損なったりする状態	設計耐用期間中にしばしば作用する荷重に対して、基礎が所要の使用性や耐久性を失うか、あるいは基礎の変位が弾性とみなされる限界を超える状態	耐用期間中にしばしば作用する規模の荷重の作用によって過度のひび割れ等の比較的軽微な不都合が生ずる状態
’ 地震時使用限界状態			設計耐用期間中に作用する中地震の影響により、基礎が使用性や耐久性を失うか、あるいは基礎の変位が降伏点を超える状態	
” 長期使用限界状態			設計耐用期間中に常にまたは長期にわたって作用する荷重に対して、基礎が所要の使用性を失うか、あるいは耐久性を失う状態	
疲労限界状態		構造物または部材が変動荷重の繰返し作用により疲労破壊する状態		耐用期間中に作用する繰返し荷重により終局限界状態と同様な破壊が生ずる状態
備考				

2.2 終局限界状態

終局限界状態とは、構造物、部材の破壊や大変形等により、その安定性が損なわれず、構造物の内外の人命に対する安全性等を確保しうる限界の状態をいう。

なお、以下の損傷により構造物の安定性が損なわれず、構造物の内外の人命に対する安全性を確保しうる限界の状態（特定作用限界状態）を含むものとする。

- ・変動作用が繰り返し作用することに伴う疲労損傷（疲労限界状態）
- ・環境因子の影響に伴う損傷（耐久限界状態）
- ・火災に伴う損傷（耐火限界状態）

終局限界状態となる原因別に限界状態を区分する（疲労限界状態、耐久限界状態、耐火限界状態）ことも考えられるが、ここでは終局限界状態を構成するものとして扱うこととした。

ただ、特定作用限界状態として疲労限界状態等を明示的に扱うこととしたのは、構造物によっては「疲労破壊」が大きな問題となるものもあるためである。また、我が国においては、構造物種別によっては特定作用限界状態を独立させて扱っている技術標準もあり、それらの既存の技術標準への整合性といった面も考慮している。

1.2 設計の基本でも述べたように、安全性の概念は「人の安全」を基本とし、ここでは、人為的に建設され、通常は無人の構造物の崩壊を防止することも安全性の概念に含め、終局限界状態として「構造物内外の人命の安全等を確保しうる限界の状態」としている。

2.3 使用限界状態

使用限界状態とは、構造物の機能が確保される限界の状態をいう。なお、以下の損傷により構造物の使用性が損なわれない限界の状態（特定作用限界状態）を含むものとする。

- ・変動作用が繰り返し作用することに伴う疲労損傷（疲労限界状態）
- ・環境因子の影響に伴う損傷（耐久限界状態）
- ・火災に伴う損傷（耐火限界状態）

使用限界状態となる要因別に限界状態を区分する（疲労限界状態、耐久限界状態、耐火限界状態）ことも考えられるが、ここでは使用限界状態を構成するものとして扱うこととした。

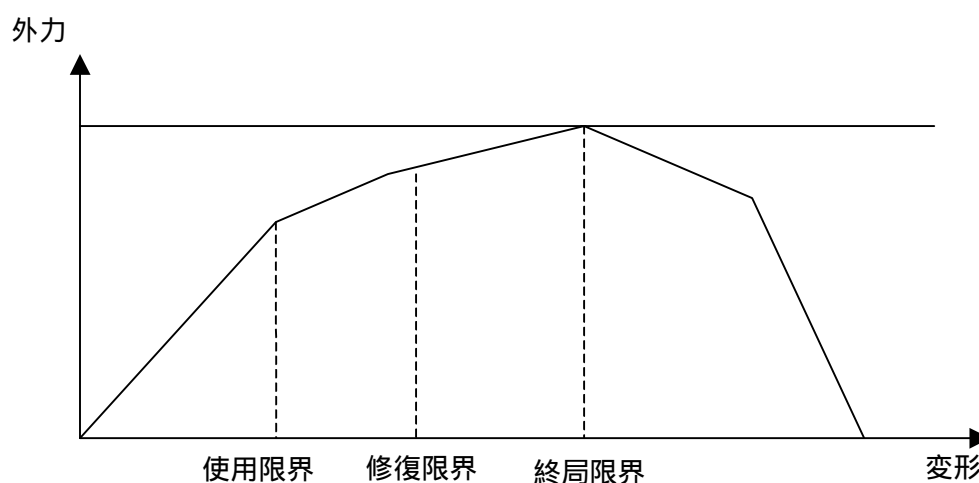
2.4 修復限界状態

修復限界状態とは、損傷後、適用可能な技術と妥当な経費および期間の範囲で修復を行えば、継続使用を可能とすることができる限界の状態をいう。

地震に対する設計を想定し、使用限界状態と終局限界状態の間に位置づけできる限界状態である。

残留変形、基礎の沈下等の許容限度の与え方により、土木において注目している機能復旧に対応する状態と、建築において注目している財産性の保全という状態を規定するものとする。

時間的に累積した損傷に対して「要修復」の限界状態はここでは考えておらず、この点に関しては使用限界状態の一部としてとらえている。



4 頁の構造物による限界状態の選択イメージでも示したように、各限界状態は構造物特性に応じて取捨選択して設計照査の対象とすれば良いもので、この修復性に関しては、地震後の構造物の復旧あるいは修復を考える必要のある構造物の設計における照査を考え設定したものである。

参考

修復限界状態に係わる議論において、土木および建築のそれぞれの分野において以下のようなとらえ方が示された。

土木分野のとらえ方	<ul style="list-style-type: none">・地震発生後に、土木構造物（社会基盤）の持つ機能を早期に復旧できる状態を考える。・例えばコンクリート標準示方書では「地震後に機能が短時間で回復でき、補強を必要としない」という規定がされている。
建築分野のとらえ方	<ul style="list-style-type: none">・地震後に補修した場合に、財産としての意味を失わない経費内で補修ができる状態を考える。・地震後に、「崩壊は免れたが取り壊して新たに建て替えなければならない建築物が」非常に多く発生する状況を回避する意味がある。・機能損傷の修復という点では、非構造部材及び仕上げ材を考える必要がある。

参考

ISO2394 における限界状態の定義

限界状態	ISO2394
全般	<p>構造物全体またはその部分の構造性能は、構造物に意図された状態と意図されない状態とを区別する一連の定められた限界状態に関して記述されなければならない。</p> <p>限界状態は次の2つのカテゴリーに分けられる</p> <ul style="list-style-type: none"> a) 最大耐荷能力に関する終局限界状態 b) 通常の使用に関する使用限界状態 <p>限界状態の超過は、回復可能な場合と回復不可能な場合がある。回復可能な場合、超過した限界状態に関連した損傷や機能喪失は構造物が修復されるまで残る。回復可能な場合、損傷や機能喪失は超過した限界状態の原因が存在する間だけ残る。この原因が取り除かれれば、ただちに意図されていない状態から意図された状態へと戻る。</p>
終局限界状態	<p>終局限界状態は次のものを含んでいる</p> <ul style="list-style-type: none"> a) 剛体と考えたときの構造体又は構造部分の釣り合いの喪失 b) 破壊（ある場合には、疲労や腐食による影響を受けたものも含む）による断面や部材、接合部の最大耐力への到達や過度の変形。 c) 構造体またはその一部のメカニズム状態への移行 d) 構造体またはその一部の安定性の喪失 e) 仮定した構造システムから新しい構造システムへの急激な変化 <p>限界状態を超えることは、ほとんどの場合いつも回復不可能な状態であり、初めてその状態を超えた場合に崩壊が起こる。</p>
使用限界状態	<p>使用限界状態は次のものを含んでいる</p> <ul style="list-style-type: none"> a) 構造体の耐久性を低減させる、若しくは構造部材又は非構造部材の有効性又は外観に影響を与える部分的損傷（クラックを含む）。繰り返し荷重は部分的な損傷に影響を与える。 b) 構造部材、非構造部材又は設備の、有効な使用あるいは外観に影響を与える許容されない変形 c) 不快感を生じさせる若しくは非構造部材の又は設備に影響を与える過度の振動 <p>部分的な残留損傷あるいは許容できない残留変形の場合、使用限界状態を超過することは回復不可能な状態であり、初めてこの状態に陥った場合に崩壊に至る。その他の場合、使用限界の超過は回復可能であり、その後、崩壊が起こる。それは、</p> <ul style="list-style-type: none"> a) いかなる超過も許容されなかった場合の使用限界状態を超える最初の時 b) 超過は許容されなかった場合の構造物が意図されない状態にある時間が決められた条件より長い場合 c) 超過は許容されなかった場合の、使用限界状態を超える回数が決められた条件より多い場合 d) 上記のクライテリアの組み合わせ、あるいは他の関連したクライテリアの組み合わせが発生した場合 <p>である。これらの場合は一時的で部分的な損傷（例えば、一時的な大きなひび割れ）、一時的でおおきな変形や振動を含んでいる。</p> <p>使用限界状態に対する設計のクライテリアは、一般的に許容される変形や加速度、ひび割れ等で表現される。</p>

3 作用

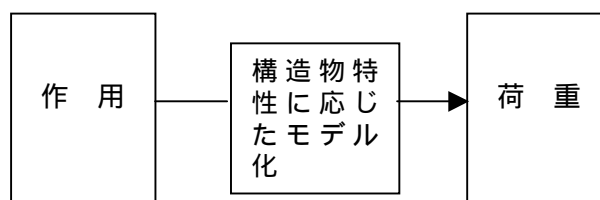
3.1 定義

作用とは以下のものをいう。

- ・ 構造物に働く力学的な力の原因となるもの
- ・ 構造物の変形の原因となるもの
- ・ 構造物の材料を劣化させる原因となるもの（環境因子）

なお、荷重とは構造物に働く作用をモデル化し、断面力、変位等の算定のために設計計算のインプット用に変換したものをいう。

「荷重」は構造物の特性に依存する部分があるため、分野を通じた共通的な議論を形成するために、「作用」と「荷重」を上記の定義で明確化する。



作用	荷重
・ 構造物の特性とは無関係なもので、土木と建築の差異は無い。（ただし、支配的となる作用は構造物ごとに変わる。）	・ 構造物設計の基となるもので、構造物の特性により異なる ・ 設計計算が煩雑にならないための配慮が含まれている場合もある。等

環境因子については、ISO2394 では作用（Action）ではなく環境要因(Environmental influences)として扱われているが、ここでは使用性、安全性を照査する上で考慮するものとして作用の中にも含めることとした。

- 参考 -

ISO2394 では以下のように、「 F_0 基本作用変数（Basic action variable）が関数を通じて作用になる」という扱いをしている。ただ、基本作用変数（例えば風速）から作用が導かれることとなり、「荷重（例えば風荷重）」と作用の関係が不明確な面があり、上記のような定義をした方がわかりやすいものとなる。

$$F = (F_0, \dots)$$

F：作用

F_0 ：基本作用変数（Basic action variable）

：基本作用変数を作用に変換する変数（風速から圧力への換算のための変数）

3.2 作用の分類

作用は、永続作用、変動作用、偶発作用に区分する。

永続作用

構造物の設計供用期間を通して絶えず作用するであろう作用でその時間的変動が平均値に比較して小さいもの。または、その変動がわずかであり、かつ限界値をもつ作用。

変動作用

その大きさの時間的変動が平均値に比べて無視できず、かつ単調変化をしない作用

偶発作用

当該構造物が、その設計供用期間中にはおそらく経験しないであろう大きな値と考えられる作用。確率統計的手法による予測は困難であるが、社会的に無視できない作用。

永続、変動、偶発の作用分類は作用の時間的変動性による分類ではあるが、土木の土石流対応施設、建築における避難所施設等は、「構造物に作用する例外的な外力(偶発作用)に対して安全であるかをチェックする」という設計ではなく、「社会的に備えなければならないと考えられている例外的な外力(偶発作用)に機能する」設計がなされる。この点に関しては、別途の作用の分類を導入することも考えられるが、いたずらに分類を増やすことは余り意味もなく、作用の変動特性からの分類に社会的に対応するリスクといった概念を偶発作用に付加させることを考える。

3.3 各作用の扱い

社会的に対応の必要があると判断される作用および構造物の所有者が必要と判断した作用を対象に設計を行う。

変動作用について、統計的な評価が可能なものは、基準期間を定め再現期間で表す再現期待値として示すか、あるいは非超過確率を明示するよう努めるものとする。

偶発作用については統計的な評価が行えないが、作用として理解が容易な方法で明示するよう努めるものとする。

各作用の扱いの基本として、社会的な対応の必要性と構造物所有者の必要性を規定した。社会的必要性および所有者の判断としたのは、一般住宅等の私的な財産である構造物においても、その安全性には社会的責任を有することによる。

変動作用の特性値についてはいくつかの示し方がある中で、基本的には基準期間を定め再現期間で表す期待値として示すか、あるいは非超過確率を明示するよう努めるものとするものとする。

基準期間とは、変動作用を確率的に評価し、代表値を設定するための期間である。

例えば、実績データの蓄積が40年程度しか無い場合に、基準期間50年間にに対する非超過確率で作用の大きさを評価し、代表値を設定するといったことが行われる場合がある。また、使用限界状態を照査する作用では、基準期間を1年として、非超過確率95%の変動作

用を代表値として採用するといった場合もある。

3.4 荷重の組み合わせ

荷重の組み合わせの基本的原則は以下の通りとする。

永続荷重に加えて、ある荷重（変動荷重あるいは偶発荷重）が支配的であり、極大設計値をとるものとして設定し、その他の荷重（変動荷重あるいは偶発荷重）は、より発生しそうな値とする。

なお、ある荷重が作用することにより別の荷重の影響が喪失するような場合には、荷重の組み合わせを考えてはならない。

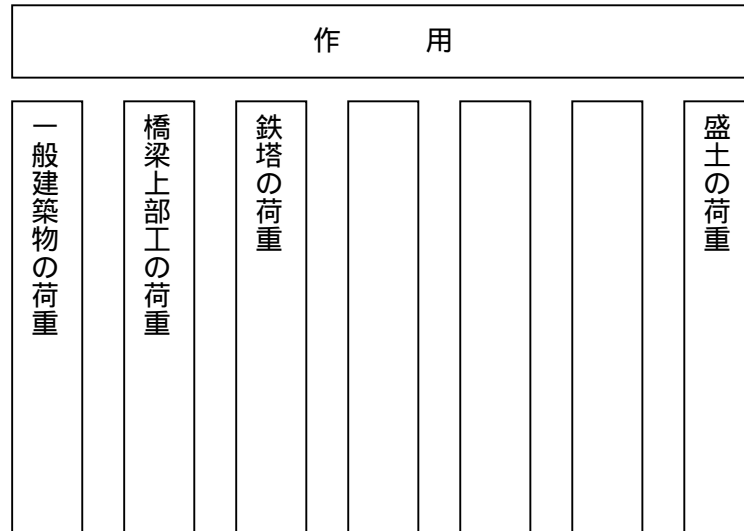
上記は荷重の組み合わせの基本原則であり、全ての構造物に適用すべきものではない。土木および建築において設計対象となる構造物は非常に広範なものであり、例えば以下のような荷重を考える構造物もある。

超過確率が小さな荷重に対して使用限界状態を考える構造物	・ダム（洪水調節） ・高潮堤防
極めて希な偶発事象に対して使用限界状態を考える構造物	・ロックシェッド ・土石流対応施設

「ある荷重が作用することにより別の荷重の影響が喪失するような場合には、荷重の組み合わせを考えてはならない。」という規定は、例えば、温度荷重によりコンクリート構造物に生じた応力は地震時に生ずるひび割れや降伏により解放されるので、両者を組合せてはならないことを示したものである。

設計に際して組み合わせを考えるのは、「構造物に働く作用をモデル化し、断面力、変位等の算定のために設計計算のインプット用に変換した」ものである「荷重」であることから、ここでは「荷重の組合せ」としている。

土木・建築の分野を通じて共通的な扱いを考えることができる「作用」と、「作用との整合性を保った上で、対象とする構造物の特性を反映させる必要がある荷重・荷重の組合せ」については、その違いを明確化した上で今後の調査・研究等を進める必要があり、ここではその違いを明示している。



参考

ISO2394 における作用（荷重）に関連した用語の定義

イ 代表値の構成

作用の代表値(representative value of an action)	作用の特性値(characteristic value of an action)
	組合せ値(combination value)
	頻度値(frequent value)
	準永続値(quasi-permanent value)

ロ 各用語の定義

用語	定義
作用(action)	作用とは以下のものをいう。 1) 構造物に集中あるいは分布して作用する力学的な力の総称（直接的作用） 2) 構造物に課せられる変形や構造物内の拘束の原因(間接的作用)
永続作用(permanent action)	1) 与えられた基準期間を通して絶えず作用するであろう作用でその時間的変動が平均値に比較して小さいもの 2) その変動がわずかであり、かつ限界値をもつ作用
変動作用(variable action)	その大きさの時間的変動が平均値に比べて無視できず、かつ単調変化をしない作用
偶発作用(accidental action)	当該構造物が、その基準期間中に大きな値はおそらく経験しないであろうと思われる作用
作用の代表値(representative value of an action)	限界状態の照査に用いられる数値 注：代表値とは、特性値、組合せ値、頻度値、準永続値などをいうが、他の値を入れても良い。
作用の特性値(characteristic value of an action)	主要な代表値 注：基準期間中に望ましくない方向への所定の非超過確率をもつように統計的に定められるか、過去の経験、あるいは物理的制限によって選ばれる値
組合せ値(combination value)	統計的に定められる場合には、組合せ荷重(combination)により生じる荷重効果(action effect)の値の超過確率が単一の作用のみとほぼ同程度であるように選ばれる値
頻度値(frequent value)	統計的に定められる場合には、次のように定められる： ・ ある選ばれた期間内にそれを超過する期間の合計が、全体の極く一部であるもの。 ・ その超過頻度が、ある与えられた値を超えない
準永続値(quasi-permanent value)	統計的に定められる場合には、それを超過する期間の合計が全体の半分程度となるように決められた値
基準期間(reference period)	変動作用や時間依存性を持つ材料特性等の値を評価するための基準となるある選ばれた期間
設計供用期間(design working life)	大きな補修をしないで、当初の目的のために構造物や構造要素を使用できると仮定した期間
荷重組合せ(load combination)	異なる作用(action)を同時に考慮するときの限界状態に対する構造信頼性の照査に用いる設計値の組合せ

4 耐震

4.1 耐震性能

耐震設計では、設計供用期間中に発生する頻度の目安で地震動レベルを示し、設定した地震動レベルに対する耐震性能を設定する。

標準的な耐震性能マトリクスは別表 1 に示したものとする。ただし、構造物特性により標準マトリクスを基本として地震動レベル、耐震性能を適切に選択する。

別表 1

耐震性能 地震動レベル	・健全性を損なわない ・ほぼ無条件で継続 使用可能 (使用限界)	・限定された損傷に 留める (修復限界)	・崩壊を防止する ・構造物の損傷によ る人命損失を防止 する (終局限界)
設計供用期間中に数度 は発生する地震動			
設計供用期間中に発生 するのはまれな地震動			
設計供用期間中に発生 するのはごくまれな地 震動			

ISO においては、種々の構造物を対象とした耐震設計全般に関する規格審議を明示的に行っている TC や SC は無いが、我が国の構造物設計では重要な事項であり、包括的な耐震性能に関する規定を設定した。(ISO3010 は地震作用に関する規格であり、耐震設計についてはその基本原則を述べているにどどまっている。)

地震時のパフォーマンスについては、使用限界、修復限界、終局限界の対応を考え 3 分類しているが、対象とする構造物により、それぞれの中をさらに細分化したパフォーマンスを設定し、耐震性能を規定しても良い。

構造物により上記の耐震性能マトリクスを以下のように使い分けることとするが、基本となるマトリクスは共通的扱いとする。

参考 用途の異なる構造物間での地震に対する設計照査対象の差異のイメージ

構造物Aの場合

耐震性能 地震動レベル	・健全性を損なわない ・ほぼ無条件で継続 使用可能 (使用限界)	・限定された損傷に 留める (修復限界)	・崩壊を防止する ・構造物の損傷によ る人命損失を防止 する (終局限界)
設計供用期間中に数度 は発生する地震動			
設計供用期間中に発生 するのはまれな地震動			
設計供用期間中に発生 するのはごくまれな地 震動			

構造物Bの場合

耐震性能 地震動レベル	・健全性を損なわな い ・ほぼ無条件で継続 使用可能 (使用限界)	・限定された損傷に 留める (修復限界)	・崩壊を防止する ・構造物の損傷によ る人命損失を防止 する (終局限界)
設計供用期間中に数度 は発生する地震動			
設計供用期間中に発生 するのはまれな地震動			
設計供用期間中に発生 するのはごくまれな地 震動			

* 上表では、修復限界に対する照査を実施することで使用限界に対する照査を省略できる例を示している。

なお、現行の種々の技術標準における地震動レベルと耐震性能の扱いは、例えば以下のようになっている。

(1)地震動レベル

コンクリート標準示方書（耐震設計編）

レベル	内容
レベル1地震動	構造物の耐用期間内に数回発生する大きさの地震動
レベル2地震動	構造物の耐用期間内に発生する確率の極めて小さい強い地震動

道路橋示方書（耐震設計編）

レベル	内容
レベル1地震動	橋の供用期間中に発生する確率が高い地震動
レベル2地震動	構造物の供用期間内に発生する確率は極めて小さいが大きな強度を持つ地震動。 タイプ：プレート境界型（大きな振幅が長時間繰り返して作用する地震動）
	タイプ：内陸直下型（継続時間は短いが極めて大きな強度の地震動）

建築基準法

レベル	内容
1次設計レベル	原則、せん断力係数 0.2（地域係数 0.7～1.0）
2次設計レベル	原則、せん断力係数 1.0（地域係数 0.7～1.0）

鉄筋コンクリート造建物の靱性保証型耐震設計指針

レベル	内容
レベル1	供用期間において数回程度起こるような中小地震
レベル2	供用期間に一度遭遇する可能性がある大地震
レベル3	起こりうる極大の地震動（兵庫県南部地震や濃尾地震等の内陸活断層によって生ずる地震動レベル）

建築および都市の防災性向上に関する提言（第三次提言）

レベル	内容
D	建物の供用期間中に遭遇する可能性が数回である地震動
C	BとDの中間に遭遇する地震動
B	建物の供用期間中に遭遇する可能性が1回程度である地震動
A	建物の供用期間中に遭遇する可能性がまれである地震動
S	建物の供用期間中に遭遇する可能性がきわめてまれである地震動

(2)耐震性能

コンクリート標準示方書（耐震設計編）

耐震性能	内容
耐震性能 1	地震後にも機能は健全で、補修をしないで使用可能
耐震性能 2	地震後に機能が短時間で回復でき、補強を必要としない。
耐震性能 3	地震によって構造物全体系が崩壊しない

道路橋示方書（耐震設計編）

耐震性能	内容
耐震性能 1	健全性を損なわない
耐震性能 2	限定された損傷に留める
耐震性能 3	致命的な被害を防止する

建築基準法

耐震性能	内容
1次設計レベル	構造体を損傷させない（許容応力度以内）
2次設計レベル	建物の崩壊を防ぎ人命を守る

鉄筋コンクリート造建物の靱性保証型耐震設計指針

耐震性能	内容
レベル 1	ほぼ無条件に継続使用を可能とする
レベル 2	ある程度の損傷は受けるが、計画した損傷限界に達しないよう制御する
レベル 3	人命に対する安全性を確保する

建築および都市の防災性向上に関する提言（第三次提言）

耐震性能	内容
1	無被害
2	軽損
3	中損
4	大破・崩壊

4.2 地震動レベルの明示方法

設定した地震動レベルについては、確率論（再現期間あるいは非超過確率）による明示をすることを基本とする。

信頼性理論に基礎を置いた構造設計を行う中で、地震動レベルの明示として確率論による明示方法とすることを規定した。他の荷重において再現期間等による説明を行う中で、地震動だけは異なる説明をすることは基本的に避けることを考えている。

なお、地震動の設定方法としては確率に基づく必要はない。ここでの規定は、設定したものについては「設計供用期間中に発生するのはまれな地震動として1 / 年の地震動を考えている。」といった明示とすることを示している。

また、ISO3010 では、地震動を偶発作用ではなく変動作用としている。

再現期間による地震動レベルの明示という観点から、例えば、以下の米国の Vision2000 の例が挙げられる。

Earthquake Design Level	Earthquake Performance Level			
	Fully Operational	Operational	Life Safe	Near Collapse
Frequent(43year)				
Occasional(72y)				
Rare(475y)				
Very rare(970y)				

- : Unacceptable Performance
- : Essential/Hazardous Objective
- : Basic Objective
- : Safety Critical Objective

5 限界状態の照査法

限界状態の照査の手法については様々な手法が提案されており、現段階においては特定の手法を定めるものではない。ただ、将来的に各種の不確定要因に係わるデータの蓄積が進むことを考慮し、このガイドラインでは、設計に係わる技術標準に部分安全係数法を適切な形で取り入れることを推奨する。

なお、ここでいう部分安全係数法は、目標とする安全性水準を確保するために、作用及び耐力等の基本要素が持つばらつき（分布）を、各基本要素の部分安全係数として設定するものである。

ISO2394 をはじめとして、国際的には信頼性設計に基づく方向に向かっており、さらに、公共構造物については、意志決定等に関して透明性、説明性が求められようになっており、構造設計における透明性、説明性の確保といった点を考慮し、ここでは、部分安全係数法を有力な手法として推奨することとした。

また、変動作用と永続作用のいずれも一律の安全係数を考えるということは、変動作用が大きな影響を持つ構造物と、永続作用が大きな影響を持つ構造物で、必ずしも安全水準が同一とならないこととなる。部分安全係数法の導入はこうした点を明示的に扱えるようになる。

上記で「作用及び耐力」とした中で、「耐力」は終局限界状態だけを考えたものではなく、「設定した作用に対して好ましくない状態への移行に抗する能力」という広義の意味で用いている。

部分安全係数の扱いについては対象とする構造物の特性により種々の扱いが考えられる。ISO2394 では基本的な部分安全係数として以下のような設定例が考えられている。

ISO2394

荷重側	耐力側
$S_d = S(F_d, a_d, s_d)$ $F_d = f \cdot F_r$ $a_d = a_{norm} \pm a$ $s_d = s_d$	$R_d = R(f_d, a_d, r_d)$ $f_d = f_k / m$ $a_d = a_{norm} \pm a$ $r_d = 1 / r_d$
f : 荷重係数 $\pm a$: 幾何学的バラツキ s_d : 荷重効果のモデル係数 $(n$: 構造物重要度係数)	m : 材料係数 $\pm a$: 幾何学的バラツキ $1 / r_d$: 耐力のモデル係数

- 参考 -

荷重の設計値の設定は、特性値として分布のすその値を推計し荷重係数により設計値とする場合と、特性値としては安定的な平均値付近の値を推計し、荷重係数により設計値とする場合があるがいずれの考え方も良い。

極値分布のパラメータを推計するのに、十分なデータが得られていない場合に、平均値付近の安定的な値を特性値とし、この小さな特性値に荷重係数をかけることで設計値とすることも荷重係数の役割とした。

データ数が少ないということは、荷重の分布の不確実性を大きくもつもので、それを荷重係数で補っていると考ええる。

例えば、ISO/CD3010（地震荷重）でも、代表値（特性値）を予め2種類示す場合（表1）と、荷重係数で裾野値を設定する場合（表2）の2種類が示されている。

表1 荷重係数と地震動強度の代表値の例1

限界状態	重要度	荷重係数	代表値	再現期間
終局限界状態	高	1.5 ~ 2.0	0.4	500年
	中	1.0		
	低	0.4 ~ 0.8		
使用限界状態	高	1.5 ~ 3.0	0.08	20年
	中	1.0		
	低	0.4 ~ 0.8		

表2 荷重係数と地震動強度の代表値の例2

限界状態	重要度	荷重係数	代表値	再現期間
終局限界状態	高	3.0 ~ 4.0	0.2	100年
	中	2.0		
	低	0.8 ~ 1.6		
使用限界状態	高	0.6 ~ 1.2	0.4	0.16 ~ 0.32
	中	0.4		
	低	0.16 ~ 0.32		

参考

1 委員会における議論

委員会・幹事会における議論の内容を次頁以下に紹介する。

限界状態に係わる議論

	土 木	建 築
限界状態の分類	終局にも2種類あると考えられる。耐震の終局として考えるものと、橋梁の上部構造で、上を通る荷重との関係で終局を考える場合とでは、その状態は全く異なる。耐震では、非常に確率の低いものに対してぎりぎりの状態を考え、片やサービスに直結したところでの終局を考えることとなっている。それらを1つの終局限界とするのはくり過ぎになると考えられる。	いわゆる常時の状態と終局だけ考えて、ちょっとした地震により壊れるというのは非常に大きな問題である。何らかの形である荷重レベルを設定して、いわゆるダメージコントロールをするという考え方は、日本のような地震の起こるような国には必要であろう。
終局限界状態		終局限界の疲労と使用限界の疲労について、限界状態が違うことによって疲労の意味が違うのか？もし、違いが無いのであれば、疲労というのは終局と使用という分類の中ではなくて、外にだして考えるということしていかなければならないのであろう。建築の場合は余り疲労ということを考えることがない。
使用限界状態	全て、地震後が対象となっているが、地震中の使用性が重要な場合がある。鉄道であれば、列車が脱線しないようにしなければならず、建築においても、通信施設等は地震時に機能しないと意味が無いといったことがあると考えられる。地震発生後だけでなく、地震時も対象とする。地震時の使用限界といったことを明示することが考えられる。	荷重の種類によって破壊の状況が全く違うようであれば、原因を明記するのは良いかもしれないが、最終的な状態に違有るのか否かが不明である。
修復限界状態	重要な構造物については、大地震があったときに機能しなければならないという面がある。それを使用限界とするのは無理があるのではないかと考えられる。例えば上水場のポンプは、大地震後においても送水しているという状況があると考えられる。	終局限界というのは安全限界みたいな意味を持っているのですが、建築では地震時において、そういう作用がある状況で鉛直荷重を支えるといったことで定義しようとしている。とにかく床が落ちなければいいといった発想が基になっている。
	逆に、地震時に有害な振動があって不快であるといった使用限界はあまり考えない。この点から考えても、耐震において、常時と地震時を対比して地震時を浮かび上がらせることは意味がある。この中で、地震時の使用性の拡大解釈として無損傷限界、復旧限界の二つの限界状態があるとも考えられる。	使用限界状態を考える場合に、いわゆる二次部材がかなり大きな働きをされると考えられる。単に主体構造部材の状態というよりも二次部材、あるいは仕上げ材がどれだけ損傷を受けるかという点が使用限界の一つの判断になると考えられる。
	地震に限れば修復限界の持つ意味が明らかであるが、他に波であるとか、風であるとかを考えると、むしろ使用限界の中に位置づけた方がわかりやすい。	基準法では修復限界というのは経済面が関係するのでその定義が難しいため、ほぼ無損傷といった議論をしている。補修等をしないと所期の機能が果たせないような状況に陥るといった点の一つのチェックのポイントにしている。また、放置していれば安全性に疑問が生ずるといった一つ基準にするということから、ほぼ無損傷ということを基準とせざるを得ないのではないかと議論がなされている。修復性という経済の概念は、「私有の私」の中で考えてもらえば良い。
	修復限界にも疲労、耐久性、耐火性に相当するものがある方が良い。特に、土木的に考えると、環境面で厳しい状況で、供用期間は100年であるが、30年後には限界を向かえその時に補修することを前提とするといった設計も考えられる。	その状態になったときに、それから後にどうするのかということがはっきり決まっていればじめて成り立つもので、そのまま壊れていて使わなくても良いとしたら、修復という定義はなくても良いということになる。その為、「限界」という言葉では定義しにくいようなところがあると思われる。
設定した限界状態の扱い	構造物によって差異があるが、設定したものをいかにうまく運用できる仕組みを考えるかであろう。例えば、いろいろ併記しておいて、その中で選択して使えるようにするといったことを考える。	ダメージを受けそうなときと、受けたときの対応についてチェックする必要があるということ、今後、ISO等において、日本として積極的に発言し、次の改訂の時に3つの限界状態とするのか、または使用限界状態の中にはっきりそうした状態も考えるといったことを実現するといったことを考えるのも良い。
基礎に係わる限界状態	地盤の場合、部材と構造システムというようなハイアラーキーがあるわけではなく、部材耐力と荷重による荷重交換と、区別がはっきり分かれているわけではないので、ストーリーを対応づけるのは難しいと考えられる。	終局限界の中に幾つかあって、使用限界に幾つかあるというような分類がコンセンサスを得られるのなら、こういう仕組みになっているということを示す。どれをチェックするかというのは構造物、目的あるいは目標によって異なるもので、これを全てチェックしなさいということではない。こうした分類をきちっとしておくだけで良いと考えられる。
		基礎関係では、大体、上部構造の方に委ねることになるので、どちらかという限界状態を事前、事前に設定する傾向があると考えられる。修復限界を設定したとしても、一方では、基礎が壊れても上部構造が壊れなければ良いという考え方がある。また、基礎がはっきり壊れているというか、限界状態になったということの確認もできないので、終局限界といっても、どちらかという手前に設定したいという考え方がある。そのため、終局状態を明確にしないと、中間の限界状態がなかなか見えてこない。
		Eurocode であると、人命と構造物という両方が対象になっているように思われるが、建築基準法では人命だけとなっている。地盤とか基礎を扱う上では、全く異なったものになると考えられる。基礎分野からいうと、終局とか使用というのは、それ自体が存在しない状態である。修復限

		界となると、基礎自身が破壊する可能性があるので、基礎の修復はあり得る。
耐久性に係わる限界状態	耐久性ということで、ひとくくりにするのは無理があるという立場があるが、耐久性というように大きく分けて、その中に疲労、対腐食性のような問題があるといった考え方をとることはできないか。	
	土木の場合に、耐久性をどのように記述するか、非常に難しいところがある。建築の場合はある目的で、何年間使用するという経済的な考え方もあると考えられるが、土木の場合は基本的に補修し続けてでも使用するのが前提となっているので耐久性に対する考え方が、建築とは少し異なるという感じがある。	
	基準の中には、3つの点が書かれている。1つは必要な要求で、2つ目はその検証方法があり、そして、もう一つとして最適化がある。 耐久性についても、概念的には取り上げられるが、基本的には初期コストで判断する方向に走ってしまう。「年間もつこと」という要求性能として Eurocode 的な記述もあり得るが、これは議論になるばかりで具体化は困難であろう。 もう一つの方法として、最適化をするときに必ずライフサイクルコストも考慮して判断することと規定する方法がある。ただ、それ程精度の良いライフサイクルコストを算出できる訳ではない。ただ、あくまでも参考という扱いでも、必ず算出するということはあり得る考えられる。ライフサイクルコストが、これからもう少し大きく扱われてもいいのではないか。「何年もつ」というのは一つの考え方で、そこで固定してしまうと、それ以外のトータルに最適にする研究なり工夫がとまってしまう可能性がある。Eurocode もそれほど最先端の発想をしていないと考えている。	
その他全般	ISO 及び Eurocode において地震が考慮されていないといった点が指摘されているが、実は活荷重も全く異なる。例えば橋の床版で、日本では疲労で壊れるのに対して、日本以外では疲労で壊れる国はほとんどない。これは道路交通法という法律をどのくらい守っているかということで、日本は、過積載の桁が違うので、それで壊れる。ヨーロッパはどうかというと、ほとんどが腐食で壊れる。日本は腐食する前に壊れてしまうので、腐食は余り考えていない。こうした背景も含めて考えていく必要がある。	ある程度共通のものを決めるということは良いが、具体的な限界状態の定義を考えると、建築と土木で若干違ってくる。例えば建物の場合であれば、人命に限ると、建物の層崩壊を防ぐといったことを限界状態としている。しかし、人命の安全性ということを目標とすれば、そのための限界状態というのが第一義となるように定義する。目標を設定して、状態をはっきり定義すると、少し建築と土木で異なる定義となる可能性がある。
	ある分野では、例えば疲労みたいなものはほかと区別した独自性を持たせなければならない。それを一歩高いところから見ると、荷重あるいは限界状態の組み合わせの議論というのは、要するに、外的ファクターに対するリスクマネジメントの仕方の議論となる。マネジメントという観点で、暗黙にそれぞれの分野における使われ方に応じて、最適化か準最適化がなされ、結果として現在のような設計のあり方、分類の仕方になっているように考えられる。 そのリスクマネジメントとという組み立て方ができないか。	

作用に関連した議論

	土 木	建 築
作用と荷重の定義	<p>普通、設計で使う荷重というのは、荷重効果から逆算した力のモデルとなっている。実用的な設計基準で荷重規定を決めるのであれば、モデル化の作業はどこでも必要となるが、その点に関して個別の議論を始めるときりがない。</p> <p>土木と建築で共通でやれる部分があると考えられる。また、日本になじむような言葉の定義をした上で議論の整理をする必要がある。</p>	<p>ここで示された定義でほぼ良いと思われるが、「構造物特性が入り込まないものとしての『作用』」とした場合、地震に関して課題が残ると考えられる。この定義によれば地震はとにかく基盤レベルの地震動を作用と考えるのか、インタラクションに関しても、このモデル化のところで考えるのが問題になる。</p>
	<p>例えば変位の影響といった点があるが、それは今の分類では荷重の中に入る。それから環境の中での二酸化炭素といったような色々な環境作用があるが、それも具体的にモデル化して構造物で使うようにならないと、荷重の分類には入れられないとする。そのような分類に対する認識で良いのか。うまく分けられないものも無論あると考えられる。</p>	<p>モデル化できる場合に、ニュートンで表すことができるものは明らかに Load と呼んでしまっても良いと考えられる。地震荷重というときも、ISOでは最初に Action としているが、中で水平等価荷重に置き換えたときは Loading という言葉を使っている。このことから、変換して力に置き換えると Loading とするということが良いと思われる。それから、インタラクションをであるか、基盤での地震動を表現するというのは、いずれにしてもアクションのほうが良いと考えられる。建物に入って力で置き換えたときに Loading にしたほうが混乱しないであろうと思われる。</p> <p>それから 2394 の用語のところでも、そういう点をもう少しはっきりさせた方が良いと考えられる。もし、この委員会で統一した考えができれば、改訂時にここでの考え方を積極的に入れてもらうようにすることも考えられる。</p>
	<p>温度差というのは、断面力の基になるので逆算して力に置き換えるということで荷重になると考えられる。地盤沈下というようなことも、恐らく作用の分類の中に入ると考えられる。</p>	<p>例えば杭が付いていて、杭の設計まで入れると杭の下で定義しないとアクションが一緒にならないが、杭は関係なく建物の上だけの条件で荷重が変わるようなものであれば、モデル化の手前でアクションを共通に決められるということは考えることができると思われる。</p>
	<p>要するに定量化できるものが荷重で、できないものが作用ということになるといえるのではないが。</p>	<p>長期にわたって物性が変わっていくというか、性質が変わっていく場合に、それは力として置き換えられるものかどうかという点には疑問が残る。モデル化の仕方が違ってくる。</p>
		<p>Action として、炭酸ガスがアタックする場合に、それがどういうエフェクトを及ぼすかというのは対象構造物によって変わるが、ここの定義でちゃんと整合できると考えられる。場所によって、例えば環境の濃度が違うとか、それに関連するほかのファクターが違うというのは作用のほうで定義できると考えられる。時間の関数といった面は、Environmental Action として扱うことができると考えられる。</p>

耐震設計に関連した議論

	土 木	建 築
地震動レベルの表 し方	言葉として、数回とか1回といった表現は気になる。基本的にはVision2000と同じような趣旨だと考えて、供用期間中に起こり得るものを、再現期間で小さいものとやや大きいものを分けたというぐらいの意味合いにしておいたほうが良いと考えられる。	「極めてまれ」という表現に対して、実際にどのくらいの地震動を考えるか、どこかでその値を頭においておいた方が明確になると思われる。
	Vision2000 でイメージしているのは、恐らく建築物なのであろう。一般的な議論をしようとする、10年しか使わない構造物はどうするのかというような議論もでてくる。その場合、10年しか使わないものであるならば再現期間100年というのは、どちらかといえばまれであるほうに入ると考えられる。そのために、議論を一般化しようとする、Vision2000のように幾つかの特定の再現期間を離散化するのではなく、供用期間中の発生頻度的な表現をする方がフレキシビリティがあると、事務局が考えたこともうなずける。ただ、再現期間を離散的に表現する方が良いとする意見もわかる。	50年と考えればどのくらいの規模かという考え方も、非常に重要ではないかとも考えられる。即ち、50年というのは、人間の年齢ではほぼコンパラブルなオーダーであり、そのときにどのくらいの確率で発生するという方が何となくわかりやすいと思われる。2000年とか1000年に1回というのは、自分は100年しかせいぜい生きないのだからというような考え方になるかもしれない。それよりは、50年間で超過確率が5%、2%という方がもう少し一般の人にわかってもらえると考えられる。
	どちらかという、同じレベルの地震動を考えておいた方が良いという考えが当初あったが、構造物により異なるレベルを考えても良いともいえる。	今回の建築基準法の議論の中でも、やはり地震動に関してはなかなか確率的に取り扱いづらいのではないかと、偶発的なものではないかという議論がある。ほかの荷重については、説明としては、はっきりと言っている。それに対して、地震動に関しては、きわめてまれといった表現にしている。つまり、何年期待値といえるほど確率的にきちっとした扱いがなかなかできないということが根底にある。
	一般論としては、同じではないというのはおかしいという意見は確かにある。あるいは建築物の寿命と橋では違うといえば違うが、まるめてしまえば大きな違いは無いという気もする。それほど微妙に地震の期待値というのを設定できるのかという気がする。	法律であるとか建物を実際に設計するときに、割り切った考えとして、これ以上の地震は多分起こらないと考えられますということで設計していますということは、非常に説明しやすいと考えられる。ただ、ほかの事項と比較をするということになると、やはりどうしても確率的にとらえるという趨勢にあると考えられる。
	ISO2394の中に供用期間を考えるというような議論があり、そのバックグラウンドにISO9000というような思想もある。ライフサイクルの中でどのよなりスクマネジメントをするかという思想もあるので、供用期間というものを度外視して、いきなり地震だけの再現期間という議論をするのは、ちょっと不整合な点がある。 ただ、事務局の指摘もあるように、土木学会の提言の中に、地震を変動荷重ではなく、偶発荷重として扱おうという意識があるとすると、ここでの議論がコンフリクションを起こすのではないかと気がする。	考えられる大地震というような考え方も一つあるが、やはり確率的な考えを入れた方が、ほかとの整合性というか、ほかの荷重との比較ができる。
	例えば、全体ではないが、土木学会では構造物のサイトで、とにかく見てくださいという方向で進んでいる。サイトで見ると、この3段階で地震動がきれいに左から右に大きくなっていくことはない。真ん中の地震動が非常に大きくなるということもある。それから、建設しようとしているサイトに活断層があると言われたときに、やはりそれはそれで評価を行い、実はこれは再現期間で言うと2000年ぐらいなんですという評価をし、これはごくまれなところに対応する地震動ですといった扱いになれば、それ程無理がないとも考えられる。	
	「まれ」というのに何を当てはめるかというのは個別の事情で、フリーハンドで渡して決めてもらって良いのではないかと。決めるとなれば、よその分野はどのようにして決めているかということも配慮した議論になると考えられる。	
	今の議論というのは、あくまで表現方法を確率的に表わしたとすると、こういう表し方が良いのではないかと議論である。地震動の決め方を確率的に決めようということではない。	
	これは表現方法だけの話なのであろう。将来的に建築と土木が共通的に、地震の大きさをどのようにするかというときに、確率的に表現するとか、再現期間であるとか、大きさを決めるための一つの指標としてこういうものを使いますということになる。もし、それがそういうことで決められないというのであれば、基本的にハーモナイズできなくなる。ほかに表現方法があれば、それを採用すれば良い。	
	確率論で地震動を決めるのではなく、まず地震動はそれぞれの決め方で決める。それを表現する	

	ときには確率的な表現をすることも考えなければならないという理解をしている。	
パフォーマンス	<p>危機管理の言葉で言えば、リスクマネジメントとダメージコントロールになる。一方は、きちんと予測されるものに関しては問題は起こらない、その間で寿命が尽きないようにする。もう一方は、非常にまれであるから、それがもし生じたときにはダメージをコントロールできればいいと考える。そのコントロールの仕方は、ものによって損傷の性質によって、あるいは復旧への要求の違いによって、種々の段階があっても良い。</p> <p>同じようなことを言っているが、見る視点がちょっと逆から見ているようなところがある。覚悟しなければならない、守らなければならない地震というように。</p>	<p>構造物の重要度に応じて、このパフォーマンスをシフトするためには、もう少し横方向に色々な設計目標というものがあるのではないか。それで左に寄せたり、右に寄せることで重要度を考慮するという考えになるのかもしれない。</p>
	土木構造物のパフォーマンスのイメージが非常にあいまいになっているように思われる。	

部分安全係数法に関連した議論

	土 木	建 築
部分安全係数法の基本的な考え方	<p>部分安全係数法は、形だけが分かっているのではないといえる。信頼性を確保するために分けた方が都合が良いものは分けましょうというのがこの部分係数法の元々のポリシーとなっている。形だけ分かっているものが部分係数法だというふうに言えば、それが先行してしまうのでそれは好ましいことではない。</p> <p>部分係数法は、今までの一つの安全率であると安全性の余裕がばらついてしまうので、分けた方が少しでも合理的な設計法になるということがいえる。そのため、分ける必要のないものは分けなくて良いといえる。</p> <p>今まで例えば1つの安全率でよかったものを何で分けるのかと言われたときに、信頼性で決めるということが基本的にあると思われる。</p> <p>形としてまず部分係数に分けておいて、後でそれがいいかどうかを信頼性的に見ると、一方では、色々やったときにうまくいっているという現状がある。必ずしも頭の中で考えたものだけが良いわけではないので、現状でうまくいっていれば、それはそれとしてとってくるという方法もあろう。何も全て確率計算だけでいくということではないと考えられるが、ベースにあるものは、1つのものよりも分けた方がよいという考え方がある。理由は、確率的に分けた方がよかったということであると考えられる。</p>	<p>部分安全係数法は信頼性を基本としているとなると行政的には困る。部分係数法というのは何を意味しているのかについて議論しておく必要があると考えられる。荷重の設計値があって、それから耐力の設計値がある。こういう形で規定をするというのは、大きなところで合意できると考えられる。建築基準法も大きな範疇では既にそういう形になっている。</p>
	<p>極論をすると、ターゲットのデータがあって、そのデータに対応する安全係数をどう割り振っていくかという、そういう文法は信頼性の理論の中にももちろんある。それをその通りやれば良いと、ダイレクトに考えている人は多くないと考えられる。</p> <p>ただ、割り振っていくときに感度の問題があると考えられる。要するに、荷重のばらつきが大きくて、耐力のサイドのばらつきが相対的に小さいようなケース。逆に荷重のばらつきがそれ程小さくなく、耐力サイドのばらつきの方が大きいようなケースがあり、その感度の分析を行う。地盤の場合であると、荷重もさることながら、材料側のばらつきの分の感度というものは非常に大きいと考えられる。その感度を分けるような議論することが、信頼性の文法ということに意味があるといえる。係数を分けた上で数字を丸めるというか、統計に乗ってこない安全要因をその係数として載せるというようなことは、現実的な方法論としてあるのであろう。</p> <p>全く個別の事情で安全係数を決めて、その寄せ集めをするというものではないし、目標データから荷重と耐力に落とし、それだけで数字を決めるというものでもない。いいところ取りをしていくということが現実的なのであろう。</p>	<p>最初の段階で、いわゆる信頼性理論という方向で枠組みをつくり、それを実用的にアプライしていくのにどうするかを考えると、何らかの単純化が必要で、それが1つには部分安全係数法であるだろうし、もう一つはLRFDであると考えられる。</p>
		<p>部分係数そのものは信頼性理論そのものとは直接関係ないのではないか。直接的に信頼性理論に基づかなくても、いわゆる今までの安全率があり、それもある意味で信頼性理論に基づいていると言えるのではないか。</p>
LRFD について	<p>部分安全係数と LRFD については、ベーターの目標値があって、そのベーターをファクターごとに分けて、それをどのようにして限界状態関数を近似して係数化して、割り振っていくかというプロセスに違いはあると考えられる。ただ目標信頼度を割り振るといふ、そういう意味では共通性もあるので、全く違うものであるとも言えない。</p> <p>荷重係数法って普通はLRFDといって、荷重だけにしか部分係数を与えない。LRFDというのは、耐力側としても与える。(荷重耐力係数法) LRFDであれば部分係数の範疇に入っているといえる。</p>	

荷重係数について	荷重の特性値を決めるのはあくまでも特性値を決めるということで、特性値に荷重係数を掛けるのは、設計値とすることであるといえる。	確かに統計処理をするとある値は出てくるが、例えば30年ぐらいの雪なり風なりのデータから500年に1回のを推定した場合には、その推定値誤差というのはかなり有るといえる。そのため、欧州の人達は、30年間のデータで最初から500年の再現期間値をセットし、それで設計するというは意味がなく、30年に1回のデータで評価しているの、その分、例えば係数を掛けて評価する方が良いというスタンスの人が多い。
	特性値とは、それを直接的に用いて設計するのではなく、共通で考えるための代表値といえるものである。ただ、それぞれ構造物ごとに、例えば靱性があるのでぎりぎり設定する、あるいは、すぐに破壊するので余裕を見てもう少し大きくするといった安全に対する余裕の取り方を設定するのが部分係数となっている。そのため、部分係数を掛けても良く、また、設計値を最初から1,000年の再現期間の地震とするという考え方もある。	
	特性値というのは、再現期間を決めればそれに対応した特性値が決まることとなる。従って、100年と再現期間を決めると、それに対応する特性値が決まり、500年とするとそれに対応した別な特性値が決まることとなる。それに対して種々の不確定要素があり、設計値とするために係数を設定し、さらに安全かを確認するというのが部分係数であろう。従って、100年の特性値を、設計値として500年にするというような考え方は違うと考えられる。	
	裾野の分布、例えば1/500年であれば500分の1のフラクタル値というもので設定することとなるが、データが余り無い中で分布を当てはめた時の危険性が大きいという考えがある。そのため、平均値の近くで特性値を設定し、その特性値に対してある部分安全係数を掛けた方が安定しているという考え方もある。 そして最終的に設定した設計値を、確率的に解釈すると一定の再現期間として評価できますというように考えることができる。	
	部分係数を使わずに設計値法という、いきなり設計値だけを決めて、それで判定をするという方法もある。わざわざ特性値に部分係数を掛けることで設計値を設定するという二重手間ではなく、いきなり設計値を設定するという考え方である。 なぜ裾野値を設計値としないかというのは、裾野の分布のフラクタル値が、統計的には大きな誤差が含まれるということによる。	
	最終的に設計でクライテリアを決める時には、ある1つの値に落ち着くこととなるが、いきなり500年期待値といった大きなもので設計を行うというのは、エクスキューズが余りついていないと考えられる。部分係数法はそれに対して、データのバラツキ等の曖昧さがこの程度含まれていますといったニュアンスがあるといえよう。	
構造物係数	構造物係数というのはターゲットベースで考えるものであり、荷重係数といったものとはカテゴリーが異なるものであろう。	

2 委員会委員名簿

土木建築にかかる設計の基本検討委員会

委員会

	氏名	所 属
共同委員長	長瀧 重義	新潟大学工学部建設学科教授
共同委員長	岡田 恒男	芝浦工業大学工学部建築工学科教授
鋼構造	藤野 陽三	東京大学大学院工学系研究科社会基盤工学専攻教授
	高梨 晃一	千葉大学工学部デザイン工学科建築系教授
コンクリート構造	田邊 忠顕	名古屋大学大学院工学系研究科土木工学専攻
	小谷 俊介	東京大学工学系研究科建築学専攻教授
地 盤	日下部 治	東京工業大学大学院理工学研究科土木工学専攻教授
	杉村 義広	東北大学大学院工学研究科都市・建築学専攻教授
地 震	大町 達夫	東京工業大学大学院総合理工学研究科人間環境工学専攻教授
前任者	濱田 政則	早稲田大学理工学部土木工学科教授
	西川 孝夫	東京都立大学工学研究科建築学専攻教授
前任者	松島 豊	筑波大学機能工学系教授

幹事会

	氏名	所 属
鋼構造	佐藤 尚次	中央大学理工学部土木工学科教授
	西川 和廣	建設省土木研究所構造橋梁部橋梁研究室長
	小野 徹郎	名古屋工業大学社会開発工学科建築系教授
前任者	井上 一朗	京都大学大学院工学研究科生活空間学専攻教授
	岡田 恒	建設省建築研究所第三研究部長
コンクリート構造	上田 多門	北海道大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻助教授
前任者	六郷 恵哲	岐阜大学工学部土木工学科教授
	河野 広隆	建設省土木研究所材料施工部コンクリート研究室長
	三橋 博三	東北大学工学研究科都市・建築学専攻教授
	平石 久廣	建設省建築研究所基準認証研究センター長
地 盤	鈴木 誠	清水建設(株)技術研究所構造研究開発部応用解析グループ主任研究員
前任者	松井 謙二	(株)建設技術研究所技術本部技師長
	恒岡 伸幸	建設省土木研究所材料施工部土質研究室長
前任者	三木 博史	建設省土木研究所材料施工部新材料開発研究官
	桑原 文夫	日本工業大学工学部建築学科教授
	田村 昌仁	建設省建築研究所第三研究部基礎研究室長
地 震	森 伸一郎	愛媛大学工学部環境建設工学科助教授
前任者	磯山 龍二	日本技術開発(株)環境防災事業部長
	運上 茂樹	建設省土木研究所耐震技術研究センター耐震研究室長
	石山 祐二	北海道大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻教授
	飯場 正紀	建設省建築研究所基準認証センター認証工学研究室長

